Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 4, Winter. 2019, p. 821-831

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، ص. ۸۳۱-۸۲۱

بررسی تأثیر تراکم کاشت بر صفات زراعی ارقام کنجد در کرج

زینب کریمی[1]- مجید آقاعلیخانی[2]*- مجید غلامحسینی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۳۱

چکیده

تعیین تراکم بوته بهینه در افزایش عملکرد دانه‌های روغنی نقش مهمی دارد. واکنش گیاهان زراعی مختلف و حتی ارقام یک گونه به تعداد بوته در واحد سطح متفاوت است. در این تحقیق پاسخ شش رقم کنجد (*Seasamum indicum* L.) شامل هلیل، دشتستان۲، داراب۱، اولتان، یلو وایت و ناز تک‌شاخه به سه تراکم ۲۰، ۴۰ و ۶۰ بوته در مترمربع از جنبه‌های مختلف کمی و کیفی بررسی شد. آزمایش در تابستان ۱۳۹۵ در مزرعه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که تأثیر تراکم بر تمام صفات به‌جز وزن هزار دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تراکم و رقم بر تعداد کپسول در بوته، عملکرد دانه، شاخص برداشت و درصد روغن معنی‌دار شد. در تراکم ۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع بیشینه عملکرد دانه از رقم دشتستان۲ به‌دست آمد اما در تراکم ۶۰ بوته رقم ناز تک‌شاخه برتر بود. اگرچه در تمامی ارقام با افزایش تراکم از ۲۰ به ۴۰ بوته در مترمربع، عملکرد دانه افزایش یافت اما بیش‌ترین مقدار افزایش مربوط به رقم ناز تک‌شاخه بود. تمام ارقام به‌استثنای رقم ناز تک‌شاخه در بالاترین سطح تراکم با افت شدید عملکرد دانه مواجه شدند. بر این اساس در انتخاب تراکم بوته بایستی به ویژگی‌های ارقام توجه شود، به نحوی که ضمن استفاده گیاه از عوامل محیطی، رقابت بین بوته‌ها کاهش یافته و حداکثر عملکرد اقتصادی حاصل شود.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تعداد بوته در واحد سطح، دانه‌های روغنی، عملکرد دانه، عملکرد روغن

مقدمه

در بین دانه‌های روغنی، کنجد (*Sesamum indicum* L.) به دلیل دارا بودن میزان قابل توجهی ترکیبات ریزمغذی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، یون‌های فلزی و اسید آمینه‌های ضروری و نیز اسیدهای چرب غیر اشباع به‌عنوان ملکه دانه‌های روغنی شناخته شده است (Eshaqi *et al*., 2014). سطح زیرکشت جهانی کنجد در سال ۲۰۱۳ میلادی بالغ بر ۹/۴۲ میلیون هکتار و میزان تولید بیش از ۴/۸۵ میلیون تن گزارش شده است. در همین سال، سطح زیرکشت کنجد در ایران ۴۰ هزار هکتار با تولیدی معادل ۲۸۰۰۰ تن دانه بود (FAO, 2013).

تراکم بوته و مقدار بذر مصرفی از عوامل مهم در زراعت گیاهان روغنی است و در صورت رعایت تراکم مناسب بوته، امکان استفاده بهینه از انرژی خورشیدی در اوایل فصل رشد و در نتیجه رسیدن به بیشینه عملکرد امکان‌پذیر خواهد شد. از طرف دیگر افزایش تعداد بوته در واحد سطح فراتر از حد بهینه باعث کاهش عملکرد می‌گردد (Galiskan *et al*., 2004). در مورد اثر تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد گزارش‌های متعددی وجود دارد (Aslam *et al*., 2015; Nandita *et al*., 2009). همچنین Ngala *et al*. (2013) گزارش کردند با افزایش تراکم کنجد تا ۶۰ بوته در مترمربع عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و تیمارهای خیلی تنک (۲۰ بوته در مترمربع) و خیلی انبوه (۸۰ بوته در متر مربع) کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. گزارش Koocheki *et al*. (2017) نیز حاکی از آن است که افزایش تعداد بوته در واحد سطح از ۳۰ به ۵۰ بوته در متر مربع منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در واحد سطح شد. در مقابل Sharma *et al*. (1998) اظهار داشتند که تراکم‌های ۳۰ تا ۶۰ بوته در مترمربع نتوانست اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه کنجد به‌وجود آورد.

عملکرد کنجد به تعداد بوته در واحد سطح، تعداد شاخه‌های

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران
۳- استادیار موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: maghaalikhani@modares.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v16i4.70220

فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانـه در کپسـول و وزن هزاردانـه بسـتگی دارد (Foroghi *et al*., 2013; Salehi and Saeedi, 2012). نتایج برخی مطالعات حاکی از اثر معنی‌دار تراکم بوته در واحد سطح بر تعـداد کپسـول در بوتـه مـی‌باشـد (Ashok *et al*., 1992; Ghangard *et al*., 1991). همچنین همبستگی مثبتـی بـین تـراکم بوته و تعداد کپسول در واحد سطح در گیاه کنجد مشاهده شـده اسـت (Salehi and Saeedi, 2012). محققـان دیگـر نشـان دادنـد کـه شاخه‌دهی در کنجد در تراکم‌های پایین (کمتر از ۲۰ بوته در مترمربع) افـزایش، ولـی تعـداد کپسـول در بوتـه کـاهش یافـت (Avila and Graterol, 2005). در مقابـل Adebisi *et al.* (2005) در بررسـی پاسخ کنجد به چهار تراکم از ۱۵ تا ۵۲ بوته در مترمربع گزارش کردند که با افزایش تراکم، شاخص برداشت، تعداد شاخه‌های فرعی و تعـداد کپسـول در بوتـه بـه‌صـورت معنـی‌داری کـاهش یافـت. همچنـین Rahnama and Bakhshandeh (2006) بیـان داشـتند کـه تـراکم بوته بر وزن هزار دانه و تعداد دانه در کپسول تأثیری نداشت.

بررسی اثر آرایـش کاشـت و تـراکم بوتـه بـر عملکـرد و اجـزای عملکرد دو ژنوتیپ کنجـد (تـوده اردسـتان و رقـم داراب ۱۴) توسـط Ghasemian *et al.* (2010) نشان داد افـزایش تـراکم بوتـه ضـمن افزایش تعداد کپسول در واحد سطح و تعداد دانه در کپسـول افـزایش عملکرد دانه و روغن را در پی داشت. در پژوهشی دیگر (Ghangard *et al.* 1990) دریافتند که با کاهش تراکم کنجد از۳۳ بـه ۸ بوتـه در متر مربع، تعداد شاخه‌های فرعی و کپسول در بوته افزایش یافـت. بـر اساس یافته‌های Rezvani Moghaddam *et al.* (2013) با افزایش تراکم بوته، وزن هزاردانه، تعداد شاخه فرعی و کپسول در بوته کاهش اما عملکرد ماده خشک و دانه به صورت معنی‌داری افزایش یافت.

در مورد تأثیر تراکم بوته بر ویژگی‌هـای کیفـی محصـول کنجـد می‌توان گفت که اگرچه عملکـرد روغـن یـک صـفت ژنتیکـی اسـت (Mohammadian *et al*., 2013) اما تحت تأثیر شرایط محیطـی و تراکم بوته قرار می‌گیرد (Sarkar and Sanyal, 2000). از آنجایی‌که عملکرد روغن با عملکرد دانه رابطه مثبتی دارد با افزایش عملکرد دانه در تراکم‌های بالا، عملکرد روغن نیز افزایش می‌یابد (Umar *et al*., 2014; Uzun and Cagirgan, 2006). هرچند در تحقیـق Ghosh and Patar (1994) درصـد روغـن کنجـد تحـت تـأثیر تـراکم قـرار نگرفت. طبق گزارش Lazmi *et al.* (2007) بین ارقام کنجد از نظـر عملکرد روغن و درصد روغن اختلاف معنی‌داری وجـود داشـت. ایـن نشان می‌دهد ارقام مختلف دارای درصد روغن متفاوت هستند که این موضوع ژنتیکی بودن صفت مورد نظر را به اثبات می‌رساند.

از آنجا که ارقام کنجد عادت رشدی متفاوتی دارند (به‌ویژه از نظر تک شاخه یا چند شاخه بودن) و متأسفانه در اکثر مناطق کشـور ایـن گیاه ارزشمند به روشی ابتدایی (کرتی- دستپاش) و بدون تنظیم دقیق تراکم، کشت و کار می‌شود، بنابراین بررسی واکنش ارقـام کنجـد بـه تراکم‌های مختلف و در نهایت تعیین تـراکم مطلـوب بـرای هـر رقـم می‌تواند گامی در جهت اعتلای این گیاه سـازگار بـه شـرایط اقلیمـی کشور محسوب گردد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تراکم (۲۰، ۴۰ و ۶۰ بوتـه در مترمربـع) بـر عملکرد و اجزای عملکرد شش رقم کنجد (هلیل، دشتستان۲، داراب۱، اولتان، یلووایت و ناز تک‌شـاخه) آزمایشـی در سـال ۱۳۹۵ در مزرعـه موسسه تحقیقات اصـلاح و تهیـه نهـال و بـذر کـرج (بـا مختصـات جغرافیایی ۳۵ درجـه و ۴۸ دقیقـه عـرض شـمالی و ۵۱ درجـه طـول شرقی و ۱۳۲۳ متر ارتفاع از سطح دریا) به‌صورت فاکتوریـل در قالـب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجـرا شـد. هـر کـرت شامل چهار ردیف کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و طول پنج متر بـود. بذر ارقام کنجد در تاریخ ۱۶ خرداد ماه کشت و در مرحلـه دو تـا سـه برگی تا رسیدن به تراکم مورد نظر در هـر تیمـار تنـک شـدند. بـرای حصول تراکم‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ بوته در مترمربع فاصله گیاهان روی ردیف‌ها به‌ترتیب ۱۶، ۸ و ۵ سانتی‌متر در نظر گرفتـه شـد. آبیـاری و سایر عملیات داشت مطابق عرف منطقه انجام شد. وجین علـف‌هـای هرز در طول فصل رشد در فواصل زمانی کوتـاه انجـام گرفـت. کـود نیتروژنی (از منبع اوره) به مقدار ۷۰ کیلوگرم در هکتـار و بـه صـورت تقسیط شده در دو مرحله، نیمی در مرحله سه تا چهار برگـی کنجـد و مابقی به صورت جای‌گذاری کنار ردیف‌های کاشت، در مرحله هفت تا هشت برگی به‌کار برده شد. با توجه به کـافی بـودن مقـادیر پتاسـیم، فسفر و سایر عناصر ریز مغذی قابل دسـترس خـاک هـیچ‌گونـه کـود دیگری مصرف نشد (جدول ۱).

در پایان فصل رشـد بـه منظـور انـدازه‌گیـری عملکـرد و اجـزای عملکرد کنجد، پس از حـذف اثـر حاشـیه‌ای در هـر واحـد آزمایشـی بوته‌های کنجد از سطحی معادل دو متر مربع کـف بـر شـدند. بـرای تعیین عملکرد اقتصادی، بوته‌ها در آون ۶۰ درجـه سـانتی‌گـراد بـرای مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند سپس به دانه و کاه تقسیم گردیدند و دانـه‌هـا وزن شـدند. درصـد روغـن بـا اسـتفاده از دسـتگاه NMR (Nuclear Magnetic Resonance, MQC, Oxford instruments, England) انـدازه‌گیـری شـد (Ahmadi and Bohrani, 2009). کلیـه تجزیـه‌هـای آمـاری داده‌هـا بـا اسـتفاده از نرم‌افزار Excel (2013) و SAS و مقایسه میانگین‌های اثر اصـلی بـا آزمون LSD در سطح پنج درصد و مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل به روش برش‌دهی انجام شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil physiochemical properties

هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	رس Clay	لای Silt	شن Sand	عمق Depth cm
		٪		
2.22	27	49	24	0-40
درصد مواد آلی Organic matter	واکنش گل اشباع pH	درصد رطوبت قابل دسترس A.W Water content in A.W	درصد حجمی رطوبت در C.E.W Water content in C.E.W	درصد حجمی رطوبت در F.C Water content in FC
0.58	7.24	23	11	34
مس Cu	آهن Fe	پتاسیم قابل جذب Available K (mg.kg^{-1})	فسفر قابل جذب Available P	درصد نیتروژن کل Total N
1.47	5.02	256	12.6	0.06

C.E.W. = Crop Extractable Water, F.C. = Field Capacity, A.W. = Available Water

نتایج و بحث

تعداد شاخه فرعی

اثر تراکم بوته بر تعداد شاخه فرعی کنجد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). به طوری که با افزایش تراکم تعداد شاخه فرعی کاهش یافت (جدول ۳). این نتایج با یافته‌های Foroghi *et al.* (2013) و Ghasemian *et al.* (2010) مطابقت دارد. Rezvani Moghaddam *et al.* (2005) نیز بیان داشتند با افزایش فواصل آبیاری و تراکم بوته در واحد سطح، تعداد شاخه فرعی کنجد در واحد سطح کاهش می‌یابد. Koocheki *et al.* (2017) فزونی تعداد شاخه فرعی کنجد در تراکم‌های پایین را مرهون فضای بیشتر در اختیار بوته دانسته‌اند.

ارقام کنجد در این آزمایش نیز از نظر تعداد شاخه فرعی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ($P\leq 0.05$) داشتند (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر تراکم بوته و رقم در گیاه کنجد

Table 2- Analysis of variance (mean squares) for measured traits affected by plant density and cultivar in sesame

منابع تغییر Source of variations	درجه آزادی d.f	تعداد شاخه فرعی Number of sub. branch	تعداد کپسول در بوته Capsule number per plant	تعداد دانه در کپسول Seed number per capsule	وزن هزاردانه 1000 Seed weight	عملکرد ماده خشک کل Total dry matter yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد روغن Oil percentage
تکرار Replication	2	2.46^{ns}	44^{ns}	11^{ns}	0.24^{ns}	366588^{ns}	3441^{ns}	4.66^{ns}	3.12**
تراکم Density	2	12**	2904**	1489**	0.46^{ns}	37263245**	1755433**	668^{ns}	3.90**
رقم Cultivar	5	52**	1587**	39**	0.87**	6285505**	352513**	151**	34**
تراکم×رقم Cultivar ×Density	10	1.70^{ns}	318**	7.22^{ns}	0.15^{ns}	940907^{ns}	77691**	16**	2.86**
خطا Error	34	1.34	81	8.63	0.16	847687	9741	5	0.48
ضریب تغییرات (٪) (CV)		24	14.67	5.52	14.12	14.23	10.51	14.58	1.27

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

* Significant at the 0.05 probability level. ** Significant at the 0.01 probability level. ns: not significant

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی تراکم بوته و رقم برای صفات اندازه‌گیری شده در گیاه کنجد
Table 3- Mean comparison of plant density and cultivar main effect for measured traits in sesame

تیمارهای آزمایش Experiment treatments	تعداد شاخه فرعی Number of sub. branch	تعداد کپسول در بوته Capsul number per plant	تعداد دانه در کپسول Seed Number per capsule	وزن هزار دانه (g) 1000 seed weight	عملکرد دانه Seed yield (kg. ha^{-1})	عملکرد ماده خشک کل Total dry matter yield (kg. ha^{-1})	شاخص برداشت (%) Harvest index	درصد روغن Oil percentage
تراکم (بوته درمترمربع) Density								
20	6	74	56	2.94	992	4839	20	55
40	5	62	60	2.94	1221	7009	18	55
60	4	49	43	2.66	603	7561	8	54
LSD	0.78	6.12	1.99	0.27	66.85	623.7	1.51	0.47
رقم Cultivar								
اولتان (Oltan)	5	57	57	2.86	909	7060	14.11	53
داراب 1 (Darab1)	6	66	54	3.0	954	7454	13.77	57
دشتستان 2 (Dashtestan2)	6	76	53	2.98	1129	6137	17.88	55
نازتک شاخه (One_branch naz)	0	70	52	2.88	1108	5276	21.44	51
هلیل (Halil)	6	38	53	2.22	579	7011	9.33	54
یلووایت (Yellow white)	5	63	50	3.0	953	5882	15.44	55
LSD	1.11	8.65	2.81	0.38	94.55	882.04	2.14	0.66

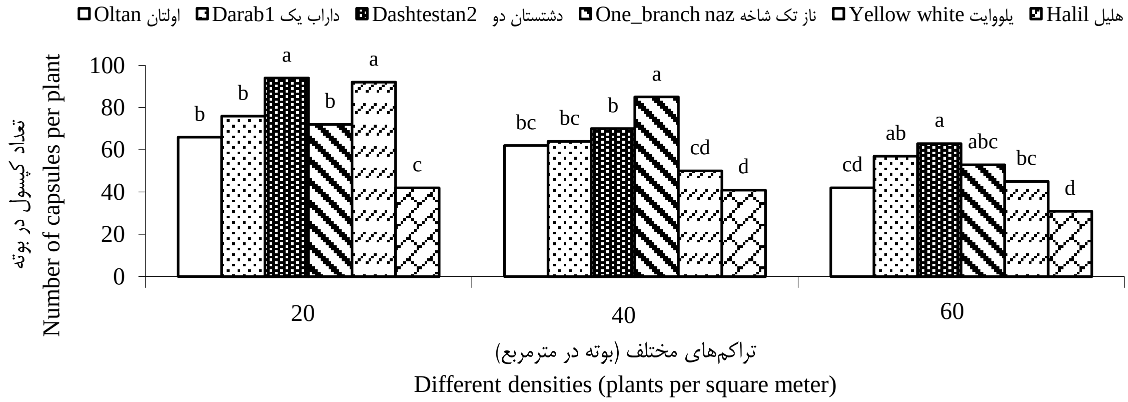
صرف‌نظر از رقم ناز تک‌شاخه که عدم شاخه‌زنی آن منشاء ژنتیکی دارد، بیش‌ترین شاخه فرعی در ارقام داراب۱، دشتستان۲ و هلیل (۶ شاخه فرعی) و کم‌ترین آن در ارقام اولتان و یلووایت (۵ شاخه فرعی) مشاهده شد. گزارش سایر محققین (El Naim *et al.*, 2010; Ghosh and Patra, 1994) نیز بیانگر وجود تفاوت در تعداد شاخه فرعی در ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف کنجد می‌باشد.

تعداد کپسول در بوته

اثر متقابل تراکم در رقم بر تعداد کپسول در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). در تراکم‌های ۲۰ و ۶۰ بوته در مترمربع رقم دشتستان۲ و در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع رقم ناز تک‌شاخه بیش‌ترین تعداد کپسول در بوته را تولید کردند. در مقابل کم‌ترین تعداد کپسول در بوته در هر سه تراکم به رقم هلیل اختصاص یافت (شکل ۱)، که با عدم تطابق دوره رشد این رقم با شرایط اقلیمی محل آزمایش مرتبط می‌باشد. Nezami *et al.* (2014) تعداد کپسول بالاتر از ۷۰ عدد در بوته را نشانه پتانسیل بالای محیط و رقم برای عملکرد دانه دانسته‌اند. در آزمایش حاضر به دلیل تشدید رقابت درون گونه‌ای در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع، هیچ‌کدام از ارقام به آستانه ۷۰ کپسول در هر بوته نرسیدند. تفاوت در تعداد کپسول در بوته کنجد علاوه بر پتانسیل درونی هر رقم می‌تواند به محدودیت فضا و منابع برای تشکیل و نمو کپسول نیز مرتبط باشد (Roy *et al.*, 2009). برخی نیز عدم نفوذ نور کافی به داخل کانوپی را باعث کاهش تعداد کپسول در بوته در تراکم‌های بالا معرفی نموده‌اند (El Serogy *et al.*, 1997). تولید تعداد کمتری شاخه فرعی در تراکم بوته بالا به علت رقابت بین بوته‌ها را نیز نباید از نظر دور داشت. در مجموع افزایش تعداد کپسول در بوته خواه از طریق پتانسیل رقم یا از طریق تراکم مناسب منجر به بهبود عملکرد دانه خواهد شد.

تعداد دانه در کپسول

اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر تعداد دانه در کپسول معنی‌دار بود ($p\leq 0.01$) (جدول ۲). با افزایش تراکم از ۲۰ به ۴۰ بوته در مترمربع، تعداد دانه در کپسول هفت درصد افزایش یافت اما افزایش تراکم گیاهی به۶۰ بوته در مترمربع باعث کاهش معنی‌دار این صفت شد (جدول ۳). Jakusko *et al.* (2013) نیز بیان داشتند در کشت‌های متراکم (تراکم‌های بالاتر از ۴۰ بوته در مترمربع) تشدید رقابت بین بوته‌ای و عدم توزیع مناسب نور در جامعه گیاهی منجر به کاهش تعداد دانه در کپسول کنجد می‌شود.



شکل ۱- اثر متقابل تراکم و رقم بر تعداد کپسول در بوته ارقام کنجد. در هر تراکم میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد ندارند.

Figure 1- Interaction effect of plant density and cultivar on sesame number of capsules per plant. In each density, the means with at least one same letter have not significant difference at 5% peobability level.

بـین ارقـام کنجـد نیـز از نظـر تعـداد دانـه در کپسـول اخـتلاف معنی‌داری وجود داشت، به طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین تعـداد دانـه در کپسول به‌ترتیب در ارقام اولتان و یلووایت مشاهده شد (جـدول ۳). با وجود آن‌که نتایج برخی تحقیقات نشـان داده اسـت کـه تفـاوت در تعداد دانه در کپسول مربوط به میزان دسترسی گیاهان به آب و مـواد غذایی می‌باشد (Jakusko *et al.*, 2013). ولی بایستی توجه داشـت که توانایی ارقام در تأمین مواد فتوسـنتزی بـرای اختصـاص بـه دانـه متفاوت است. به‌علاوه همبستگی منفی و معنی‌دار به‌دست آمـده بـین تعـداد دانـه در کپسـول بـا تعـداد کپسـول در بوتـه (r^2 = -0.51**) تأییدکننده روابط جبرانی حاکم بر اجزای عملکرد کنجد است. در ایـن آزمایش نیز رقم اولتان که از بیش‌ترین تعداد دانه در کپسول برخوردار بود، کم‌ترین تعداد کپسول در بوته را داشت.

وزن هزاردانه

در بین اجزای عملکرد، وزن هزار دانه در پاسخ به تیمـار تـراکم و اثر متقابل تراکم در رقم تغییرات قابل توجهی نشان نداد و صـرفاً اثـر اصلی رقم بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). در بـین ارقـام مـورد بررسی رقم داراب ۱ و یلو وایت سنگین‌ترین (با متوسط وزن هزار دانه ۳ گرم) و رقم هلیل سبک‌ترین (با متوسط وزن هزار دانه ۲/۲۲ گـرم) دانه‌ها را تولید کردند (جدول ۲). سایر گزارش‌های علمـی نیـز نشـان داده‌اند که ارقام و ژنوتیپ‌های کنجد از نظر وزن هزار دانه با یکـدیگر متفـاوت هسـتند (Adebisi *et al.*, 2005; Roy *et al.*, 2009; Uzun *et al.*, 2006). بررسی‌ها نشان داده است که وزن هزار دانه با ثبات‌ترین جزء عملکرد گیاهان زراعـی مـی‌باشـد و از وراثـت‌پـذیری بالایی برخوردار بوده و کم‌تر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیـرد (Mohammadian *et al.*, 2013; Ahmadi and Bohrani, 2009).

واکنش وزن هزار دانه به تراکم در برخـی منـابع متضـاد گـزارش شده است. Jakusko *et al.* (2013) بیان داشتند بـا افـزایش فاصـله ردیف، وزن هزار دانه کنجد به‌صورت معنی‌داری افزایش مـی‌یابـد. در عین حال کاهش وزن هزار دانه با افزایش تراکم بوته (از ۱۰ بوتـه در مترمربع به ۵۱ بوته در مترمربع) در کنجـد توسـط Galiskan *et al.* (2004) نیز گـزارش شـده اسـت. در مقابـل Ngala *et al.* (2013) گزارش نمودند که اثر تراکم (از ۴ تا ۱۶ بوته در مترمربع) بر وزن هزار دانـه کنجـد معنـی‌دار نمـی‌باشـد. نتـایج Lisson and Mendham (2000) نیـز حـاکی از آن اسـت کـه تـراکم (از ۱۰ تـا ۴۰ بوتـه در مترمربـع) اثـر معنـی‌داری بـر وزن هـزار دانـه بـزرک (*Linum usitatissimum* L.) ندارد.

عملکرد ماده خشک کل

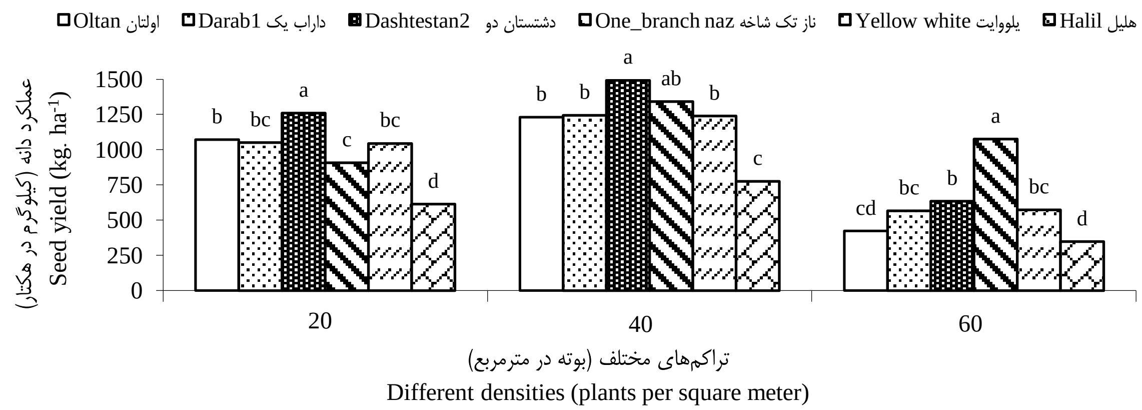
اثر اصلی تیمارهای آزمایشی بر عملکرد ماده خشک کل معنـی‌دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۲). بیش‌تـرین عملکـرد مـاده خشـک (۷۵۶۱ کیلوگرم در هکتار) از متراکم‌ترین تیمار به‌دست آمد. بـه بیـان دیگـر، کنجد در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع نسبت بـه تـراکم ۴۰ و ۲۰ بوتـه به‌ترتیب ۸ و ۵۶ درصد ماده خشک بیش‌تری تولید کرد (جدول ۳). در تحقیقات دیگران نیز روندی مشابه گزارش شده اسـت (El Naim *et al.*, 2010; Caliskan *et al.*, 2004). در تراکم‌های کم‌تـر (۹ بوتـه در مترمربع)، وزن خشک تک بوته کنجد افزایش ولی به لحاظ تعـداد کم‌تر بوته در واحد سطح نسبت به تـراکم‌هـای بـالاتـر (۲۷ بوتـه در مترمربع) عملکرد ماده خشک کاهش می‌یابد (Umar *et al.*, 2012).

نتایج این آزمایش آشکار ساخت که افـزایش عملکـرد مـاده خشـک به‌ویژه در تراکم بالاتر از ۴۰ بوته در مترمربع لزوماً با افزایش عملکرد دانه همراه نمی‌باشد. همبستگی منفی و معنی‌دار به‌دست آمـده بـین عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع (r^2 = - 0.78**) تأییدکننده این فرضیه می‌باشد.

بین ارقـام مـورد مطالعـه از نظـر عملکـرد مـاده خشـک تفـاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). مهم‌ترین دلیل برای پـایین بـودن عملکرد ماده خشک رقم ناز تک‌شاخه ویژگی عدم شاخه‌زنی این رقـم می‌باشد، به این دلیل که بین تعداد شاخه فرعی و عملکرد ماده خشک همبستگی مستقیم و معنی‌داری وجود دارد (r^2 = 0.84**). بـه‌عـلاوه باید توجه داشت که تفاوت ارقام از لحاظ عملکرد ماده خشک می‌تواند ناشی از پتانسیل ژنتیکی متفاوت ارقام نیز باشد. از طرف دیگر عملکرد مـاده خشـک بـالاتر بعضـی از ارقـام در مقایسـه بـا دیگـر ارقـام نشان‌دهنده‌ی سازگاری بیش‌تر اکولوژیکی این ارقـام در اقلـیم مـورد مطالعه است.

عملکرد دانه

اثر اصلی تراکم و رقم و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد دانـه کنجـد معنی‌دار شـد ($p \leq 0.01$) (جـدول ۲). در دو تـراکم ۲۰ و ۴۰ بوتـه در مترمربـع رقـم دشتسـتان۲ بیشـترین عملکـرد دانـه را حاصـل کـرد درحالی‌که در متراکم‌ترین کشت، رقـم نـاز تـک‌شـاخه دارای بیشـینه عملکرد دانه بود و رقم هلیل در هر سه تراکم کم‌ترین عملکرد دانه را نشان داد (شکل ۲). اگرچه در تمامی ارقام با افزایش تـراکم از ۲۰ بـه ۴۰ بوته در مترمربع، عملکرد دانه افزایش یافت اما بیش‌تـرین مقـدار افزایش مربوط به رقم ناز تک‌شاخه بود به‌طوری‌که این رقم با افزایش تراکم از ۲۰ به ۴۰ بوته در مترمربع ۴۸ درصد عملکرد دانه بیش‌تـری تولید نمود. بهبود عملکرد در تراکم بهینه را می‌توان به افزایش تعـداد بوته و متعاقباً تعداد کپسول در متر مربع و تعداد دانه در کپسول نسبت داد. تیپ رشدی ارقام به‌ویژه از لحاظ شـاخه‌دهـی در تعیـین عملکـرد مطلوب حائز اهمیت است. تمام ارقام مـورد بررسـی بـه‌جـز رقـم نـاز تک‌شاخه با افزایش تراکم از۲۰ به۶۰ بوته در مترمربع با افـت شـدید عملکرد دانه مواجه شدند در حالی‌که رقـم نـاز تـک‌شـاخه ۱۸ درصـد افزایش عملکرد را نشان داد. بر این اساس به‌جز رقم هلیل، سایر ارقام در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع عملکـردی بـیش از یـک تـن را تولیـد کردند در حالی‌که در متراکم‌ترین کشت، عملکـرد دانـه تمـامی ارقـام به‌جز ناز تک‌شاخه کم‌تر از ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار بود.



شکل ۲- اثر متقابل تراکم و رقم بر عملکرد دانه ارقام کنجد. در هر تراکم میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد ندارند.

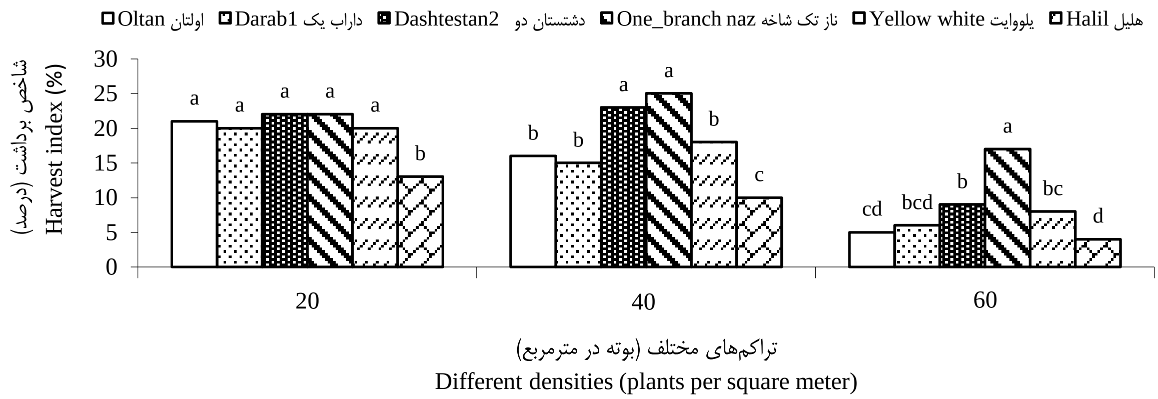
Figure 2- Interaction effect of plant density and cultivar on sesame seed yield. In each density, the means with at least one same letter have not significant difference at 5% peobability level

شاخص برداشت

عامل تراکم بوته تـأثیر معنـی‌داری بـر شـاخص برداشـت کنجـد نداشت، در مقابل اثر رقم و برهمکنش تراکم در رقـم بـر ایـن صـفت معنی‌دار بود (جدول ۲). میانگین شاخص برداشت به‌دست آمده در این آزمایش ۱۵ درصد بود که منطبق با داده‌هـای گـزارش شـده توسـط Rezvani Moghaddam *et al.* (2005) (متوسط شاخص برداشـت ۱۶ درصد) و از داده‌های Nezami *et al.* (2014) (متوسـط شـاخص برداشت ۲۵ درصد) کم‌تر بود. برش‌دهی اثر متقابل بیانگر آن است که در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع تمامی ارقام بـه‌اسـتثنای رقـم هلیـل در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل ۳). در تراکم ۴۰ بوته در مترمربـع دو رقم دشتستان۲ و ناز تک‌شـاخه در گـروه آمـاری برتـر، سـه رقـم اولتان، داراب۱ و یلووایت در گروه آماری میانی و رقم هلیـل در گـروه انتهایی قرار گرفتند (شکل ۳). با افزایش تراکم از ۴۰ بـه ۶۰ بوتـه در مترمربع شاخص برداشت تمامی ارقام کـاهش یافـت. در کشـت‌هـای

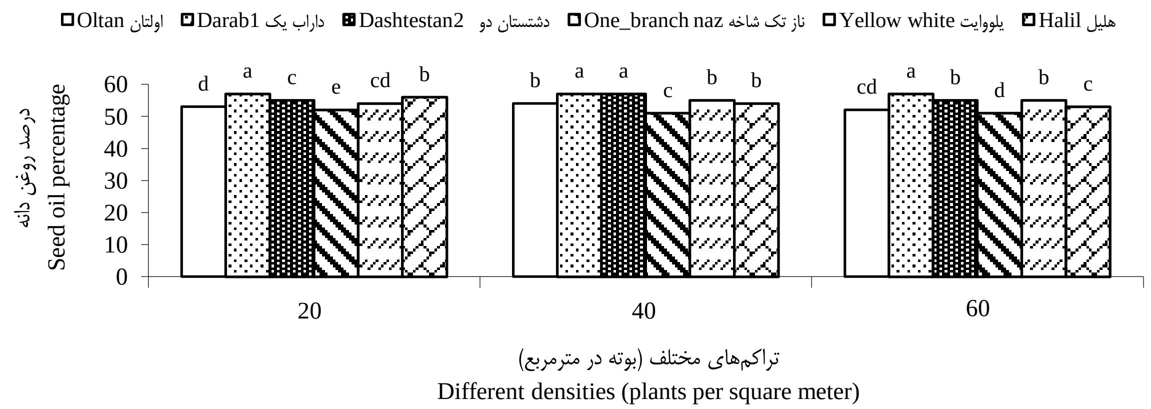
خیلی متراکم رقابت درون‌گونه‌ای برای جذب تشعشع فعال فتوسنتزی بیشتر می‌شود. در این شرایط آسیمیلات‌های کمتری به اندام‌های زایشی انتقال یافته و در نتیجه عملکرد دانه و شاخص برداشت کاهش می‌یابند. به نظر می‌رسد در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع توازن بین رشد رویشی و زایشی به نفع افزایش رشد رویشی مختل شده و در نتیجه کاهش شاخص برداشت را در پی داشته است. نتایج این تحقیق با یافته‌های Rezvani Moghaddam *et al.* (2013) مبنی بر کاهش شاخص برداشت کنجد در تراکم بالای ۴۰ بوته در مترمربع مطابقت دارد.

از آنجایی‌که میزان شاخص برداشت به نسبت رشد پیش و پس از باز شدن گل‌ها بستگی دارد (Bolanson and Edmeades, 1990)، تفاوت در شاخص برداشت ارقام در تیمارهای تراکمی مختلف می‌تواند نتیجه تفاوت در طول دوره رشد در مراحل مختلف رشد کنجد نیز باشد. با این حال در هر سه تراکم مورد بررسی، شاخص برداشت رقم ناز تک‌شاخه در مقایسه با سایر ارقام بیش‌تر بود (شکل ۳). به عبارت دیگر در این رقم که ویژگی شاخه‌دهی ندارد، تسهیم مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی کاراتر می‌باشد. همبستگی منفی و معنی‌دار به‌دست آمده بین تعداد شاخه فرعی و شاخص برداشت ($r^2 = -0.68^{**}$) تأییدکننده همین فرضیه می‌باشد.



شکل۳- اثر متقابل تراکم و رقم بر شاخص برداشت ارقام کنجد. در هر تراکم میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد ندارند.

Figure 3- Interaction effect of plant density and cultivar on sesame harvest index. In each density, the means with at least one same letter have not significant difference at 5% peobability level.



شکل ٤- اثر متقابل تراکم و رقم بر درصد روغن دانه کنجد. در هر تراکم میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد ندارند.

Figure 4- Interaction effect of plant density and cultivar on sesame seed oil percentage. In each density, the means with at least one same letter have not significant difference at 5% peobability level.

درصد روغن

اثر اصلی و متقابل تیمارهای آزمایشی بر درصد روغن کنجد در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در هر سه تراکم مورد بررسی، رقم داراب۱ بیش‌ترین درصد روغن دانه را داشت و تغییر تراکم، تفاوت معنی‌داری در درصد روغن ایجاد نکرد. در حالی‌که در سه رقم اولتان، دشتستان۲ و یلووایت، افزایش تراکم کشت از ۲۰ به ۴۰ بوته در مترمربع افزایش درصد روغن دانه را در پی داشت (شکل ۴). برخلاف اکثر صفات ارزیابی شده در این آزمایش که نشان داد رقم هلیل به دلیل عدم تطابق اکولوژیک به محل اجرای آزمایش در مقایسه با سایر ارقام در سطح پایین‌تری بود، از نظر صفت درصد روغن دانه و در هر سه تراکم، رقم ناز تک‌شاخه کم‌ترین مقدار را داشت (شکل ۴). این نتایج اظهارات برخی پژوهشگران (Hopkins and Hunter, 2004; Cheema *et al.*, 2001) مبنی بر اینکه صفت محتوای روغن دانه عمدتاً تحت کنترل عوامل ژنتیکی می‌باشد را تأیید می‌کند. ایشان اذعان داشته‌اند در صورتی‌که گیاه در معرض تنش‌های شدید محیطی نباشد درصد روغن دانه در هر رقم ثابت باقی می‌ماند. با این حال تشدید فشار رقابتی می‌تواند مقدار روغن دانه را به دلیل کاهش توانائی گیاه برای سنتز اسیدهای چرب (ناشی از کاهش توان فتوسنتزی گیاه) کاهش دهد (Hendrix *et al.*, 2004).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد که در دو تراکم ۲۰ و ۴۰ بوته در مترمربع رقم دشتستان۲ بیش‌ترین عملکرد دانه را حاصل کرد درحالی‌که در متراکم‌ترین کشت (۶۰ بوته در مترمربع) رقم ناز تک‌شاخه دارای حداکثر عملکرد دانه بود. در تمامی ارقام، افزایش تراکم کشت از ۲۰ به ۴۰ بوته باعث افزایش عملکرد دانه شد اما افزایش بیش‌تر تراکم، کاهش عملکرد دانه را در پی‌داشت. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش به نظر می‌رسد برای دست‌یابی به عملکرد مطلوب گیاه کنجد در شرایط آب و هوایی منطقه کرج تراکم ۴۰ بوته در مترمربع به دلیل ایجاد امکان استفاده مناسب از عوامل محیطی و زراعی منجر به بیشترین عملکرد اقتصادی می‌شود. همچنین از آنجایی‌که ارقام مختلف کنجد با توجه به ویژگی‌های رشدی خود که مهم‌ترین آن توانایی شاخه‌دهی و یا تک شاخه بودن است، واکنش‌های متفاوتی به افزایش تراکم بوته در برخی از صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه نشان دادند، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که اگر در کشت‌های متراکم‌تر فاصله ردیف‌های کشت و فاصله گیاهان روی ردیف‌ها تغییر یابد، احتمالاً نتایج متفاوتی برای هر رقم حاصل خواهد شد. این نکته ضرورت تعیین تراکم مطلوب با توجه به آرایش کشت را خاطر نشان می‌سازد. به‌عنوان یک اصل کلی می‌توان چنین استنباط کرد که در انتخاب تراکم کشت بایستی به ویژگی‌های ارقام توجه شود و تراکم از طریق تغییر فاصله بین ردیف‌ها و فاصله گیاهان روی ردیف‌ها به نحوی تنظیم شود که ضمن استفاده گیاه از عوامل محیطی، رقابت بین بوته‌ها به حداقل رسیده و حداکثر عملکرد اقتصادی حاصل شود.

References

1. Adebisi, M. A., Ajala, M. O., Ojo, D. K., and Salau, A. W. 2005. Influence of population density and season on seed yield and its components in Nigerian sesame genotypes. Journal of Tropical Agriculture 43: 13-18.
2. Ahmadi, M., and Bohrani, M. J. 2009. Effect of different nitrogen rates on yield and yield components and seed oil content of sesame cultivars in Bushehr area. Journal of Sciences and Technology of Agricultural and Natural Resources 48:123-131.
3. Ashok, K. S., Adhar, J., Chavan, G. V., and Gungard, S. R. 1992. Geometry of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivar under rainfeed condition .Indian Journal of Agronomy 37: 857-858.
4. Aslam, M., Nasrullah, H. M., Akhtar, M., Ali, B., Akram, M., Nawaz, H., and Javeed, H. M. R. 2015.Role of different planting techniques in improving the water logging tolerance and productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.). Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research 50 (3): 193-98.
5. Avila, J. M., and Graterol, Y. E. 2005. Planting date, row spacing and fertilizer effects on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). Bioagro 17 (1): 35-40.
6. Bolanson, J., and Edmeades, G. O. 1990. The relationship between the anthesis silking interval and yield in tropocal maize under drought. In: Agronomy Abstracts. ASA, Mdison, WI. 119 PP.
7. Cheema, M. A., Malik. M. A., Hussain, A., Shah, S. H., and Basra, S. M. A. 2001. Effect of time and rate of nitrogen and phosphorus application on the growth and the seed and oil yield of Canola (*Brassica napus* L.). Crop Science 186:103-110.
8. El Naim, A. M., El Day, E. M., and Ahmed, A. A. 2010. Effect of plant density on the performance of some sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under rainfed. Researcher Journal of Agricultural and Biologic Sciences 6 (4): 498-504.
9. El Serogy, S. T., El Eman, M. A., and Sorour, W. A. I. 1997. The performance of two sesame varieties under different sowing method in two locations. Annuals of Agriculture Science 42: 355-4.

10. Eshaqi, M., Vakili, H., and Salimi, H. 2014. Sesame, queen oilseed. Sepid Berg Publishers, 184p.
11. F.A.O. 2013. WWW.Faostat.fao.org.
12. Foroghi, A., Gherkhlo, J., and Ghaderifar, F. 2013. Row spacing and common cocklebur interference effect on grain yield and its components of two sesame cultivars in Gorgan. Electronic Journal of Crop Production 6 (2): 101-116.
13. Galiskan, S., Arslan, M., Arioglu, H., and Isler, N. 2004. Effect of planting method and plant population on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a Mediterranean type of environment. Asian Journal of Plant Sciences 3 (5): 610-613.
14. Ghangard, S. R., Chavana, D. A., and Bhalerao, T. S. 1990. Correlation and regression studies in sesame. Research Buellton of Marathmada Agriculture University 14: 11-13.
15. Ghangard, S. R., Chavana, D. A., Alse, U. N., and Yeaonkar, G. V. 1991. Effect of plant density and variety on yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). Indian Journal of Agronomy 37: 380-385.
16. Ghasemian, H., Shirani rad, A., and Lotfifar, O. 2010. Effect of arrangement and plant density on grain yield and yield components of two sesame genotypes. Proceeding of the 3rd International Seminar on Oilseeds and Oils, Knowledge Coordination Center and Oil Seeds Industry, Tehran.
17. Ghosh, D. C., and Patar, A. K. 1994. Effect of plant density and fertilitry levels on productivity and economic of summer sesame (*Sesamum indicum* L.). Indian Journal of Agronomy 39: 71-75.
18. Hendrix, B. J., Young, B. G., and Chong, S. 2004. Weed management in strip tillage corn. Agronomy Journal 96: 229-235.
19. Hopkins, W. G., and Hunter, N. P. 2004. Introduction to plant physiology. 3rd ed. John Wiely and Sons publication. NewYork.
20. Jakusko, B. B., Usman, B. D., and Mustapha, A. B. 2013. Effect of row spacing on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Yola, Adamawa State, Nigeria. IOSR journal of Agriculture and Veterinary Science 2 (3): 36-39.
21. Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Nourbakhsh. F., and Nehbandani, A. 2017. The Effect of planting pattern and density on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 15 (1): 31-45. (in Persian with English abstract).
22. Lazmi, A., Faramarzi, A., and Ali Mohammadi, R. 2007. Effect of planting date on yield and yield components of sesame cultivars in the middle climatic conditions. Journal of Modern Agricultural Science 3 (8): 54-69.
23. Lisson, S. N. and Mendham, N. J. 2000. Agronomic studies of flax (*Linum usitatissimum* L.) in south-eastern Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture 40: 1101-1112.
24. Mansouri, S., and Tabataba'i, A. 2008. Evaluation of phenotypic diversity and the association of some agronomic and physiological characteristics using multivariate statistical methods in Iranian and foreign sesame genotypes. Proceeding of 10th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, 28-30 month of Mordad, Karaj**.**
25. Mohammadian, M., Rezvani Moghaddam, P., Zarghani, H., and Yaneq, A. 2013. Study of morphological and physiological indices of mixed cultivation of three sesame masses. Iranian Journal of Field Crops Research 11 (3): 421-429.
26. Nandita, R., Abdullah Mamun, S. M., and Sarwar Jahan, M. D. 2009. Yield performance of sesame (*Sesamum Indicum* L.) varieties at varying levels of row spacing. Biology Science 5: 823-827.
27. Nezami, A., Fazeli Kakhki, F., Zarghani, H., Shabahang, J., and Gandom Zadeh, M. 2014. Preliminary Study of Performance and Yield Components of Some Common Sesame Ecotypes in Khorasan Province. Iranian Journal of Field Crops Research 12 (2): 189-195.
28. Ngala, A. L., Dugje I. Y., and Yakubu, H. 2013. Effects of inter-row spacing and plant density on performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a Nigerian-Sudan savanna. Sciences International (Lahore) 25 (3): 513-519.
29. Rahnama, A., and Bakhshandeh, A. 2006. Determination of optimum row spacing and plant density for unibranched sesame in Khuzestan province. Journal of Agriculture, Science and Technology 8: 25-33.
30. Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M. B., and Seyyedi, M. 2013. Effect of organic and bio-fertilizers application on yield, oil content and fatty acids composition of sesame (*Sesame indicum* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 1 (3): 209-221. (in Persian with English abstract).
31. Rezvani Moghaddam, P., Norozpoor, Gh., Nabati, J., and Mohammad Abadi, A. A. 2005. Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, seed and oil yields of sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 3 (1): 57-68. (in Persian with English abstract).
32. Roy, N., Abdullah S. M., Amun M., and Sarwar J. 2009. Yield performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties at varying levels of row spacing. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 5 (5): 823-827.
33. Salehi, M., and Saeedi, Gh. 2012. Selection indicators for improving seed function in sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 10 (4): 667-673. (in Persian with English abstract).
34. Sarkar, S., and Sanyal, S. R. 2000. Production potential and economic feasibility of sesame (*Sesamum indicum*) based on intercropping system with pulse and oil seed crops on rice fallow land. Indian Journal of Agronomy 45: 545-555.

35. Sharma, P. B., Parshar, R. R., Ambawatia, G. R., and Pillai, P. V. A. 1998. Response of sesame varieties to plant population and nitrogen levels. Field Crop Abstract 51: 481-484.
36. Umar, U. A., Mahmud, M., Abubakar, I. U., Babaji, B. A., and Idris, U. D. 2012. Effect of nitrogen fertilizer level and intrarow spacing on growth and yield of sesame (*Sesamum incidum* L.) varieties. Internal Journal of Agronomic and Plant Products 3 (4): 139-44.
37. Umar, U. A., Muntaqa, A. H., Muhammad, M. B., and Jantar, H. J. 2014. Productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties as influence by seed rate. Pacific Journal of Sciences and Technical 15 (2): 259-64.
38. Uzun, B., and Cagirgan, M. I. 2006. Comparison of determinate and indeterminate lines of sesame for agronomic traits. Field Crops Research 96: 13-18.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 4, Winter. 2019, p. 821-831

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، ص. ۸۳۱-۸۲۱

Study of Planting Density on Agronomic Traits of Sesame Cultivars

Z. Karimi[1]- M. AghaAlikhani[2*]- M. Gholamhoseini[3]

Received: 31-01-2018
Accepted: 22-07-2018

Introduction

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is considered as the queen of oilseeds for its high oil quality. Sesame oil is rich in micronutrients, antioxidants and essential amino acids as well as polyunsaturated fatty acids. It has been well documented that agronomic practices such as time and rate of planting will have a direct effect on sesame grain yield, oil content and quality. Therefore determining the optimum plant density is very important in sesame production.

Material and Methods

In the current experiment, the effect of different planting densities (20, 40 and 60 Plants per m^2) was investigated on agronomic traits of six sesame cultivars (Halil, Dashtestan 2, Darab 1, Oltan, Yellow White and Naz Tak Shakhe). The field experiment was carried out as factorial layout based on randomised complete block design with three replicates in research farm of Seed and Plant Improvement Institute, in 2016. Each experimental plot consisted of four adjacent rows, 5 m in length and 0.3 m apart. To achieve the above-mentioned planting densities, sesame seeds were sown 16, 8 and 5 cm apart on each row on 6th June. If required, the seedlings were thinned at 2-3 leaf stage. The crop was irrigated according to the conventional schedule for the region. Weeds were manually removed throughout the growing season. At physiological maturity stage, two middle rows of each plot were harvested for determination of yield and yield components. Data analysis was performed using SAS 9.1 and means were compared by the Least Significant Difference (LSD) test at the 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that all measured traits except 1000-seed weight and harvest index significantly affected by planting density. Also, the interaction between planting density and cultivar was significant on the number of capsules per plant, seed yield, harvest index and oil concentration. At planting densities of 20 and 40 plants per m^2, the maximum grain yield were related to Dashtestan 2 cultivar. At planting densities of 60 plants per m^2, Naz Tak Shakhe was found to be the best cultivar regarding grain yield. Although the increase in planting density from 20 to 40 plants per m^2, could increase grain yield in all cultivars, the highest grain yield was related to Naz Tak Shakhe cultivar. Furthermore, increase in planting density up to 60 plants per m^2, caused severe grain yield loss in all cultivars except Naz Tak Shakhe cultivar which showed 18% increase in grain yield.

Conclusions

In general, it can be concluded that cultivars characteristics could be considered as essential parameters to determine the optimum planting density. Therefore, if the plant density is adjusted in such a way that plants could be able to use the environment and agronomic inputs factors with the minimum intra-specific competition, maximum economic yield will be obtained.

Keywords: Grain yield, Oilseed, Oil yield, Plant number per area, Yield components

1- Former MSc. Student, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2- Associate Prof., Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
3- Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: maghaalikhani@modares.ac.ir)